

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2000-506432

(P2000-506432A)

(43) 公表日 平成12年5月30日 (2000. 5. 30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
B 0 1 J 19/00	3 0 1	B 0 1 J 19/00	Z
F 2 8 D 9/00		F 2 8 D 9/00	3 0 1 B
F 2 8 F 3/04		F 2 8 F 3/04	A
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 55 頁)			

(21) 出願番号 特願平9-515952  
(86) (22) 出願日 平成8年10月15日 (1996. 10. 15)  
(85) 翻訳文提出日 平成10年4月20日 (1998. 4. 20)  
(86) 国際出願番号 P C T / U S 9 6 / 1 6 5 4 6  
(87) 国際公開番号 W O 9 7 / 1 4 4 9 7  
(87) 国際公開日 平成9年4月24日 (1997. 4. 24)  
(31) 優先権主張番号 0 8 / 5 4 6 , 3 2 9  
(32) 優先日 平成7年10月20日 (1995. 10. 20)  
(33) 優先権主張国 米国 (U S)  
(31) 優先権主張番号 0 8 / 6 0 6 , 1 5 5  
(32) 優先日 平成8年2月23日 (1996. 2. 23)  
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 バッテル・メモリアル・インスティテュー  
ト  
アメリカ合衆国ワシントン州99352, リッ  
チランド, バッテル・ブールバード 902  
(72) 発明者 ウェジェング, ロバート・エス  
アメリカ合衆国ワシントン州99352, リッ  
チランド, パーキンス・アベニュー 1006  
(72) 発明者 ドロスト, エム・ケビン  
アメリカ合衆国ワシントン州99352, リッ  
チランド, マレット・コート 2462  
(74) 代理人 弁理士 社本 一夫 (外5名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超小型構成部品から成る化学プロセス用シート構造

(57) 【要約】

本発明は、大型の単位操作が超小型構成部品によって実行されるように構成された、超小型構成部品化学プロセスアセンブリである。シート構造は、複数の別個の超小型構成部品の部分を有する単一の積層体とすることができ、あるいは、シート構造は、各々の積層体に設けられた1又はそれ以上の超小型構成部品の部分を有する複数の積層体とすることができる。各々の超小型構成部品、あるいは、複数の同様な超小型構成部品は、少なくとも1つの化学プロセスである単位操作を行う。複数の同様な第1の超小型構成部品を有する第1の積層体が、複数の同様な第2の超小型構成部品を有する第2の積層体と組み合わせられ、これにより、少なくとも2つの単位操作を組み合わせ、システム操作を構成する。

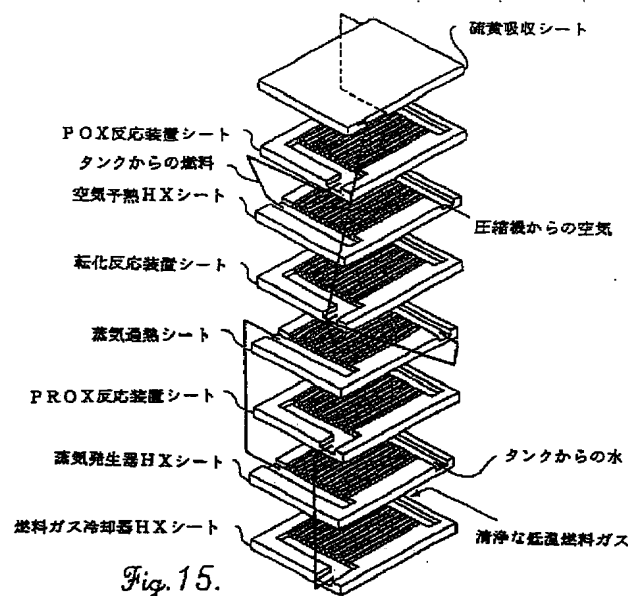


Fig. 15.

**【特許請求の範囲】**

1. 超小型構成部品化学プロセスアセンブリであって、少なくとも1つの第1の超小型構成部品を有する第1の積層体を備えており、前記超小型構成部品は、化学反応物を受け取って、生成物を排出することにより、少なくとも1つの化学プロセスの単位操作を行うように構成されている、ことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

2. 請求項1に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体は、少なくとも1つの別の単位操作を行う少なくとも1つの第2の超小型構成部品に取り付けられており、前記化学プロセスの単位操作が、前記追加の単位操作と組み合わされて、システム操作を行うように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

3. 請求項2に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第2の超小型構成部品は、第2の積層体に設けられていることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

4. 請求項1に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の超小型構成部品は、前記第1の積層体の第1の部分に設けられており、また、前記第2の超小型構成部品は、前記第1の積層体の第2の部分に設けられていることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

5. 請求項1乃至4のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記少なくとも1つの第1の超小型構成部品は、超小型構成部品シート構造に設けられている複数の第1の超小型構成部品であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

6. 請求項5に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記少なくとも1つの第1の超小型構成部品は、更に、複数の第1のランド及び流路を含んでいることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

7. 請求項1乃至4のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記少なくとも1つの第2の超小型構成部品は、超小型構成部品シート構造に設けられている複数の第2の超小型構成部品であることを特徴と

する超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

8. 請求項7に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第2の超小型構成部品は、更に、複数の第2のランド及び流路を含んでいることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

9. 請求項5乃至8のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体は、化学反応物を受け取って、化学生成物を排出し、前記複数の第2の超小型構成部品は、熱伝達以外の少なくとも1つの単位操作を行うように構成されており、前記第1及び第2の積層体は互いに取り付けられていることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

10. 請求項5乃至8のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体は、化学反応物を受け取って、化学反応物を排出すると共に、前記第2の積層体へ熱を排出するか、あるいは、前記第2の積層体から熱を受け取るように構成されており、前記第1及び第2の積層体は互いに取り付けられていることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

11. 請求項1乃至10のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体は、化学生成物及びその担体を含む少なくとも1つの化学混合物を受け取って、前記担体から前記化学生成物を分離するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

12. 請求項1乃至10のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の超小型構成部品は、反応物を受け取って生成物を排出し、また、前記第2の超小型構成部品は、前記生成物から仕事又は熱を取り出すように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

13. 請求項1乃至12のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1のマイクロチャンネルは、前記第2のマイクロチャンネルと直交流の関係にあり、これにより、前記第1の積層体の流れ方向に沿う温度勾配が維持されるように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

14. 請求項5乃至13のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記複数の第2のマイクロチャンネル型構成部品の中で流体が蒸発するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

15. 請求項5乃至14のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、(a) 化学的な発熱反応である少なくとも1つの単位操作を行う前記複数の第2の超小型構成部品は、(b) 熱入力を必要とするユニットに取り付けられており、該ユニットは、(c) プラントの残りの部分に取り付けられており、これにより、発電システムを形成するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

16. 請求項1乃至14のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体の第2の部分は、熱を排出し、また、前記第2の積層体は、第2の部分を有しており、該第2の部分は、流体を圧縮すると共に熱を排出し、これにより、理想的なブレイトンサイクル式の機械に近づくように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

17. 請求項7乃至16のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、更に、

(a) 前記複数の第2の超小型構成部品に取り付けられたプラントの残りの部分を備えており、

(b) これにより、電力変換装置を形成するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

18. 請求項1乃至17のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、更に、前記第1の積層体に近接して設けられる電界発生器を備えており、該電界発生器は、その中で前記単数又は複数の化学反応を誘導又は制御するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

19. 請求項1乃至18のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体は、マイクロ細孔質であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

20. 請求項5乃至19のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、更に、前記複数の第1及び第2の超小型構成部品の間に設けられたマイクロ細孔質のシート接触器を備えていて、前記マイクロチャンネルが前記マイクロ細孔質のシート接触器の方を向くように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

21. 請求項1乃至20のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、マイクロ細孔質のシート接触器が、前記第1の積層体とカバーシートの間に設けられていて、前記マイクロチャンネルが、前記マイクロ細孔質のシート接触器の方を向くように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

22. 請求項1乃至21のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、更に、前記流路の表面に設けられたコーティング材料を備えることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

23. 請求項22に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記コーティング材料は、触媒であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

24. 請求項22に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記コーティング材料は、隔膜であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

25. 請求項22に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記コーティング材料は、吸着剤であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

26. 請求項22に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記コーティング材料は、前記各々の流路の底面に設けられた導電材料であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

27. 請求項22乃至26のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記コーティング材料は、更に、前記導電材料の上に設けられた誘電材料を含むことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

28. 請求項26に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、

(a) 前記複数の第1のマイクロチャンネルは各々、底面及び複数の側面を有しており、(b) 前記底面の少なくとも一部には導電材料の層が設けられており、

(c) 前記導電材料には電源が接続されており、該電源は、電気化学的な単位操作を行わせるための電位を前記導電材料に与えるように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

29. 超小型構成部品化学プロセスアセンブリであって、(a) ミクロ細孔型接触シートと、(b) 2つのカバーとを備えており、前記ミクロ細孔型接触シートは、前記2つのカバーの間に設けられており、前記各々のカバーは、前記ミクロ細孔型接触シートの方を向いた少なくとも1つのマイクロプリナムを有していることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

30. 請求項29に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、一方のマイクロプリナムは、液体を受け取り、また、他方のマイクロプリナムは、気体を受け取るように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

31. 化学的な吸収を行うために使用されることを特徴とする請求項29に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

32. 請求項1乃至31のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、更に、第2の積層体を備えており、該第2の積層体は、熱伝達流体を受け取って、前記第1の積層体へ又は該第1の積層体から熱を搬送し、これにより、反応温度を制御するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

**【発明の詳細な説明】****超小型構成部品から成る化学プロセス用シート構造**

本件出願は、1995年10月20日出願の米国特許出願シリアルN o. 08 / 546, 329の一部継続出願である。上記米国特許出願シリアルN o. 08 / 546, 329は、現在は米国特許になっている1994年7月29日出願の米国特許出願シリアルN o. 08 / 282, 663の一部継続出願である。

**発明の分野**

一般的に言えば、本発明は、熱伝達及び／又は動力変換、あるいは、転化及び分離を含む化学プロセスを実行するための装置及び方法に関する。より詳細に言えば、本発明は、並行に動作する複数の小規模要素によって大規模生産が達成される、超小型構成部品から成るシート構造である。

**発明の背景**

多くの人々の物質的な生活水準を絶えず改善するためには、より少ない資源でより多くの結果を得ることが必要である。産業革命以来現在に至るまで、経済の規模が、資本設備及び集中方式の運転設備の構成部品及び装置を極めて大型のものとしてきた。集中方式の設備は、それぞれ独自の資本費用及び効率損失を有する配電システムを必要とするという別の欠点を有している。それにも拘わらず、集中方式は、歴史的に、費用的な優位性を示し、これがその使用を支えてきた。販売されている小型の構成部品及び装置は、単位原価が高くなり、より大型でより効率的な構成部品又は装置の大きな資本費用が正当化されない場合の用途に使用されている。従って、配電システムの必要性を排除しながら大型の構成部品及び装置の効率を達成することができ、更に、所望の処理能力に適したサイズにすることができる構成部品及び装置が必要とされている。

小型で高い効率を示す構成部品としては、電子部品から熱を取り除くために使用されるマイクロチャンネル（微小な溝）型熱交換器を挙げることができる。

米国特許第5, 115, 858号（発行日：1992年5月26日、発明の名称：“MICRO-CHANNEL WATER COLLING CHUCK”、発明者：Fitch et al.）は、三

次元マイクロチャンネル集合体を開示しており、この三次元マイクロチャンネル

集合体は、一つ置きのチャンネル（溝）に冷却液を通すことによって、ウエーハを冷却するために使用される。残りのチャンネルには、高熱伝達流体を通して、熱を取り除く。

米国特許第4, 998, 580号（発行日：1991年3月12日、発明の名称：“CONDENSER WITH SMALL HYDRAULIC DIAMETER FLOW PATH”、発明者：Guntly et al.）は、空調装置又は冷凍装置に使用される凝縮器を開示している。そのような凝縮器の構造は、波形金属及び平坦な条片から成るものである。

米国特許第5, 016, 707号（発行日：1991年5月21日、発明の名称：“MULTI-PASS CROSSFLOW JET IMPINGEMENT HEAT EXCHANGER”、発明者：Nguyen）は、直交流式熱交換器を記載しており、この熱交換器は、多数のコア及びスペーサプレートを積み重ねることによって構成されている。

米国特許第5, 296, 775号（発行日：1994年3月22日、発明の名称：“COOLING MICROFAN ARRANGEMENTS AND PROCESS”、発明者：Cronin et al.）は、隆起部すなわちフィン（例えば、開放構造のチャンネル）と組み合わせられた電子式のマイクロ冷却ファンを開示している。

上述の米国特許に示される技術は、特定の熱交換器の設計すなわち構造を教示しており、そのような設計又は構造は、熱交換器の個々の部品を組み立てるためにかなりの労力を要する。上述の熱交換器を中規模乃至大規模の運転に使用すると、多数の熱交換器を組み立てる必要があり、熱交換器の数に直線的に比例して経費すなわちコストが増大する。

また、小規模のものに関しては、装置の組立て作業は煩雑であり、経費がかかる。また、例えば、現時点において、小型のモータを作る事ができるが、通常の知識で複数の小型の部品を直列に組み合わせて、その結果得られるものは、莫大な努力及び経費を必要とする無数の小さい装置から成る大型の装置である。

従って、構成部品当たりの単位コストが十分に小さく、より少ないコストで多数の構成部品に拡張することができ、また、各構成部品を組み合わせて大型の装置を低コストで達成することのできる、熱交換器、及び、他のシステム構成要素、並びに、必要数の熱交換器及び他の構成要素を製造することのできる製造技術が



必要とされている。

メタンを燃焼以外の他の用途で利用する試みが長く行われてきた。メタンは、部分酸化によって、水素を発生することができることが知られている (Hickman and Schmidt, "Production of Syngas by Direct Catalytic Oxidation of Methane", Science, Vol. 259, 1993年1月15日) が、そのような水素の発生は、実験室的に小規模でしか行うことができず、使用可能な生産量まで未だスケールアップされていない。水素は、水蒸気改質技術によっても製造することができるが、そのような技術は、大きな設備投資を必要とするプラント、並びに、費用対効果比の高い機器を必要とする。従って、大きな設備投資を必要とすることなく、メタンから水素を製造する装置及び方法が、依然として必要とされている。

また、燃焼プロセスから熱を取り出す技術は、加熱すべき媒体 (例えば、石炭燃焼発電所の場合には、蒸気) から燃焼反応物及び燃焼生成物を分離する必要があるので、熱効率が低い。燃焼熱伝達の非効率性を低減することが長い間にわたって望まれてきた。

化学的な転化に加えて、化学的な分離も非効率的であり、生成物の収率を制限する。より詳細に言えば、生成物の純度は、分離段数に関係し、従って、各段に対する資本支出に制限される。

転化操作が温度制御を必要とするプロセスにおいては、過剰の反応物 (単数又は複数) あるいは希釈剤 (単数又は複数) によって温度制御が行われることが極めて多い。従って、温度制御の問題は、生成物を未反応の反応物 (単数又は複数) 又は希釈剤 (単数又は複数) から分離する、及び/又は未反応の反応物 (単数又は複数) を回収するという、下流側の分離の問題に移行する。従って、温度制御を必要とする転化操作を、過剰の反応物 (単数又は複数) 又は希釈剤 (単数又は複数) を必要とすることなく、実行することのできる方法又は装置が必要とされている。

#### 発明の概要

本発明は、積層体に設けられる少なくとも1つの超小型構成部品を備えた超小型構成部品から成る化学プロセスアセンブリである。例えば、シート構造においては、上記積層体は、複数のマイクロチャンネルを備えることができる。上記シ

ート構造は、複数の別個の超小型構成部品の部分を有する単一の積層体とすることができ、あるいは、上記シート構造は、各々の積層体に設けられた1又はそれ以上の超小型構成部品の部分を有する複数の積層体とすることができる。上記超小型構成部品は、超小型流路の如き受動的な超小型構成部品、及び、特に限定するものではないが、マイクロポンプ（超小型ポンプ）及びマイクロコンプレッサ（超小型圧縮機）を含む能動的な構成部品を含む。

各々の超小型構成部品、又は、複数の同様な超小型構成部品は、少なくとも1つの単位操作を実行する。複数の同様な第1の超小型構成部品を有する第1の積層体を、複数の同様な第2の超小型構成部品を有する少なくとも1つの第2の積層体と組み合わせ、これにより、少なくとも2つの単位操作を組み合わせ、システム操作を行わせる。例えば、複数のマイクロチャンネル型蒸発器を含む積層体を、絶縁積層体、及び、複数のマイクロチャンネル型凝縮器を含む積層体と組み合わせ、更に、圧縮機及び膨張弁に接続することによって、大型のヒートポンプを形成する。

本発明の目的は、凝縮器、熱交換器、並びに、熱伝達及び／又は発電装置又は化学プロセスシステムの他の構成要素に使用可能な、積層体を提供することである。

本発明の別の目的は、製造コストが、形成される超小型構成部品の数に実質的に関係ない、積層体を提供することである。

本発明の更に別の目的は、化学的な転化操作及び分離操作を含む化学プロセスに使用することのできる、積層体を提供することである。

本発明の主題は、本明細書の最終部分に特に記載され、明確に請求されている。しかしながら、本発明の構成及びその作動方法、並びに、本発明の他の利点及び目的は、同様な参照符号により同様な構成要素が示されている添付の図面と共に以下の記載を参照することにより、極めて良く理解することができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、側部が閉鎖されているランドを有する超小型構成部品の積層板の一部の分解立体図である。

図1aは、側部が開放されているランドを有する超小型構成部品の積層体の一

部の分解立体図である。

図2 a は、ヘッダの端部に接続部を有する超小型構成部品の積層体の一部の分解立体図である。

図2 b は、ヘッダの長さに沿って接続部を有する超小型構成部品の積層体の一部の分解立体図である。

図3 a は、超小型積層体から形成されたヒートポンプを示している。

図3 b は、超小型積層体及び大型部品の組み合わせから形成されたヒートポンプを示している。

図4 は、試験装置の分解立体図である。

図5 a は、超小型構成部品及び大型部品の組み合わせから形成された逆ブレイトンサイクル式ヒートポンプを示している。

図5 b は、超小型構成部品から形成された逆ブレイトンサイクル式ヒートポンプを示している。

図6 a は、超小型構成部品から形成されたランキンサイクル式熱機関を示している。

図6 b は、超小型構成部品及び大型部品の組み合わせから形成されたランキンサイクル式熱機関を示している。

図7 a は、超小型構成部品から形成されたブレイトンサイクル式熱機関を示している。

図7 b は、超小型構成部品及び大型部品の組み合わせから形成されたブレイトンサイクル式熱機関を示している。

図7 c は、超小型構成部品から形成されたエリクソンサイクル式熱機関を示している。

図8 は、電力変換装置を示している。

図9 は、化学プロセスシステムを示している。

図10 a は、導電層を有するマイクロチャンネルの断面図である。

図10 b は、導電層及び誘電層を有するマイクロチャンネルの断面図である。

図11 は、マイクロチャンネルが隔膜によって分離されている実施例の断面図である。

図12aは、低周波電源で生成されるプラズマを示している。

図12bは、高周波電源で生成されるプラズマを示している。

図13は、マイクロ細孔型接触器ユニットの分解図である。

図14は、吸収膜厚に対するアンモニア吸収率を示すグラフである。

図15は、燃料処理ユニットの分解図である。

図16aは、燃焼器の等角投影図である。

図16bは、燃焼器に関する熱消費率に対する燃焼効率を示すグラフである。

#### 好ましい実施例の説明

本発明は、積層体に設けられた少なくとも1つの超小型構成部品を有する超小型構成部品から成る化学プロセスアセンブリである。好ましい実施例は、超小型構成部品シート、又は、独立した積層体から成る積層体構造であって、その基本構造は、数十個乃至数百万個（数百個乃至数百万個であるのが好ましい）の超小型構成部品を有する積層体又は積層体部分であり、これにより、積層体は、大型の単位操作（例えば、kW単位の範囲のキャビティを有する凝縮器）を提供することができ、また、上記積層体を接続して単位操作を組み合わせ、これにより、化学反応装置の如きアセンブリ又はシステムを形成することができる。

#### 基本構造

図1は、積層体の基本構造を示している。複数の超小型構成部品2が、材料シート又は積層体1の上で、該材料シート1に埋め込まれている。材料シート1は、任意の固体材料とすることができるが、金属、セラミック、又は、半導体材料であるのが好ましい。超小型構成部品2が埋め込まれている材料シート1は、積層体である。また、積層体は、超小型構成部品を全く持っていない材料シート1、あるいは、材料シート1を通るコンジットを有していてスペーサ又は絶縁体の役割を果たす厚さを有する材料シート1である。

超小型構成部品2は、凝縮器、蒸発器、又は、非相変化型の熱交換器、圧縮機、膨張弁、又は、電動機とすることができる。図面及びその説明は、特定の実施例に限定されているが、実際には、積層体又は材料シート1に設けることのできる超小型構成部品及びその組み合わせのタイプ及び数には何等制限がないことを理解する必要がある。

図1は、材料シート1の一側部に設けられた超小型構成部品2を示しているが、超小型構成部品は、材料シート1の両側部に埋め込むことができる。両側部に埋め込むことは、複流体型の熱交換器（例えば、凝縮したタービン排出物で供給水を予熱する）に関して、特に効果的である。

材料シートに設けられる超小型構成部品2の密度は、超小型構成部品の数として、1平方センチメートル当たり約1個から1平方センチメートル当たり約 $1 \times 10^{10}$ 個までの範囲とすることができる。そのような密度の範囲内では、超小型構成部品2の単位長さ又は単位直径の範囲は、約1ミクロンから約1センチメートルである。溝又はマイクロチャンネル3の幅Wは、約1ミクロンから約1ミリメートルまでの範囲とすることができ、約10ミクロンから約250ミクロンまでの範囲であるのが好ましい。

マイクロチャンネル又は流路の側部は、図1に示すように、閉鎖することができる、あるいは、図1aに示すように、開放することができる。

図2a及び図2bにおいては、超小型構成部品2は、一対のヘッダ5と、複数の横溝6とから構成される溝集合体4である。横溝6は、ヘッダ5の間の流れを許容する溝である。横溝6は、ヘッダ5に実質的に直交するように図示されているが、超小型構成部品の当業者には、横溝6が、ヘッダ5と90°以外の角度を形成することができる、ことは明らかであろう。ヘッダ5には、接続部8が設けられており、これら接続部は、流体の受け入れ及び送給を行うために拡大されたヘッダ5の一部である。ヘッダ5への又は該ヘッダからの流体の搬送は、ヘッダ5の幅Wの範囲内で行うことができるので、上記接続部8は、選択に応じて設けられる。横溝6は、ヘッダ5と同じ幅を有するか、あるいは、異なる幅（小さいかあるいは大きい幅）を有することができる。横溝6は、ヘッダ5の幅よりも小さいのが好ましい。

超小型構成部品2又は溝集合体4の実施例は、マイクロチャンネル形成プロセスによって形成することができるが、マイクロ機械加工又は光露光技術すなわちフォトリソグラフィによって形成するのが好ましい。光露光プロセスが最も好ましく、その理由は、溝集合体4を形成するコストが、溝集合体4の数とは事実上無関係であるからである。マイクロチャンネル形成プロセスは、一般的に、その

## 結

果生ずるチャンネルがエッチングされた側部に限定されないように、表面をエッチングする。チャンネルは、第2の積層体を上記エッチングされた表面に接合することにより閉鎖される。横溝6を画定する固体材料の複数のランド10は、大きな熱流速を維持する熱伝達フィンとして機能する。各々のランド10の側部は、図2aに示すように、閉鎖することができ、あるいは、図1aに示すように、直交流式の連通を許容するように開放することができる。ランド10は、特に限定するものではないが、三角形、菱形、及び、楕円形の断面を含む任意の断面とすることができる。側部が開放されたランドは、流通面積を増大させ、これにより、閉塞する可能性を低減すると共に、閉塞が生じた場合にその効果を減少させる。側部が開放されたランドを備えた超小型構成部品においては、横溝の定義が不明確であり、特に、ランドが片寄っていたり、あるいは、ランダムな間隔で配置されている場合には不明確である。しかしながら、開放型のランドの間のスペースは、流通路である。

超小型構成部品3は、頂部カバーを備えていない状態で示されているが、超小型構成部品の頂部をカバーで閉鎖して、流体の流れを流通路の中に拘束してランド10と密接に接触させるようにするのが好ましい。上記カバーは、超小型構成部品を全く持たない平坦な積層体（例えば、絶縁積層体）とすることができ、あるいは、他の超小型構成部品用積層体とすることもできる。

## システム類

単一の超小型構成部品、あるいは、一式の同様な超小型構成部品は、少なくとも1つの単位操作を実行することができる。単位操作は、作動流体の状態（化学的及び／又は物理的な状態を含む熱力学的な状態）を変化させる操作として規定され、特に限定するものではないが、凝縮操作、蒸発操作、圧縮操作、ポンピング操作、熱交換操作、膨張操作、又は、化学的なプロセス（例えば、化学的な転化操作又は分離操作）を含む。化学反応は、吸熱反応又は発熱反応とすることができる。転化反応は、例えば、部分酸化、及び、燃焼を含む。分離操作は、化学反応物及び反応物キャリアを含む少なくとも1つの化学混合物を受け取る工程と

、化学反応物を反応物キャリアから分離する工程とを含む。分離操作の例としては、蒸留操作、イオン交換操作、及び、溶媒抽出操作を挙げることができる。単位操

作を集めたものが、システムである。2以上の単位操作を実行する単一の超小型構成部品の例は、伝熱物質の中に設けられたマイクロコンプレッサであって、このマイクロコンプレッサは、圧縮操作及び熱交換操作を同時に実行する。勿論、マイクロコンプレッサは、気体を圧縮する結果として熱を発生するが、そのような熱は、プロセス熱（例えば、冷却されたスペースから取り除かれる熱）に比較して小さい。超小型構成部品の明確な利点は、圧縮操作と同時に伝達される熱は事実プロセス熱であり、従って、実質的に一定温度の圧縮操作（理想的な等温圧縮に近い）を行い、これにより、極めて効率的なエネルギー伝達／エネルギー変換を生じさせる。システムの別の例は、熱機関のために作動流体を蒸発させるマイクロチャンネル型蒸発器の上に置かれたマイクロチャンネル型燃焼器である。更に、システムによっては、マイクロチャンネル型熱交換器（蒸発器であるのが好ましい）の上に設けられたマイクロチャンネル型反応装置を備えることができ、このマイクロチャンネル型反応装置は、化学反応の温度制御を行って、部分酸化化学反応を制御することができる。

一般的に、システムは、

少なくとも1つの単位操作を実行する複数の第1の超小型構成部品を有する第1の積層体と、

少なくとも1つの別の単位操作を実行する複数の第2の超小型構成部品を有する第2の積層体とを備えており、

上記第1の積層体は、上記第2の積層体に取り付けられており、

上記第1の単位操作は、上記第2の単位操作と組み合わせられて、システム操作を生じさせる。

そうではなく、別個の単位操作を別個の積層体に設ける代わりに、複数の別個の単位操作を、第1の部分及び少なくとも第2の部分に有する単一の積層体に設けることができる。上記第1の部分は、ある単位操作を実行するための第1の超

小型構成部品を有しており、また、上記第2の部分並びに後続する単数又は複数の部分は、別の単位操作並びに後続する単数又は複数の単位操作を実行するための第2の超小型構成部品並びに後続する超小型構成部品を有している。上記単位操作は、上記別の単位操作及び／又は上記後続する単数又は複数の単位操作と組

み合わされて、システム操作を生じさせる。

一つの単位操作を実行する超小型構成部品を、他の単位操作を実行する複数の超小型構成部品と幾つかの方法で組み合わせることができる。例えば、並列に設けられた複数の超小型ポンプが、単一の熱交換器に流体を供給することができ、あるいは、一つの超小型ポンプが、並列に設けられた複数の熱交換器に流体を供給することができる。直列に設けられた同様な超小型構成部品から成る同様な変形例、あるいは、直列及び並列の配列を組み合わせたものを、特定の用途で効果的に用いることができる。

複数の積層体、あるいは、複数の積層体部分を組み合わせ、種々のシステムにすることができ、そのようなシステムとしては、特に限定するものではないが、ヒートポンプ類、熱機関類、ヒートパイプ類、熱源類、及び、化学プラント（例えば、化学的な転化器類、及び、化学的な分離器類）を挙げることができる。

#### ヒートポンプ

超小型部品から成るヒートポンプは、大型のヒートポンプと同じ基本単位操作を有している。蒸気圧縮ヒートポンプに関しては、基本単位操作は、蒸発操作、圧縮操作、凝縮操作及び膨張操作である。しかしながら、各々の単位操作を実行する超小型部品は、キロワット又はメガワットの熱量という意味において大型部品と同程度の加熱操作又は冷却操作を行うには、極めて多くの数を必要とする。

超小型部品から成るヒートポンプが、図3aに示されており、このヒートポンプは、超小型蒸発器積層体31と、絶縁積層体32と、超小型圧縮機積層体34と、超小型凝縮器積層体36とを備えている。超小型蒸発器積層体31及び超小型凝縮器積層体36は、溝集合体4を有する積層体であって、各々の溝集合体4は、超小型構成部品である。超小型圧縮機の超小型構成部品は、ソリッドピストン型の線形交流発電機、1990年のSmith JG ("A Piezoelectric micropump



With Three Valves Working Peristaltically” , Sensors and Actuators 15, 1 53-67) に記載されている圧電ダイアフラム、あるいは、気体を圧縮することの  
できる他の機械的なマイクロアクチュエータとすることができる。膨張弁又はオリ  
フィスは、圧縮機積層体34にエッチングすることができ、あるいは、膨張弁  
を含む別個の積層体を圧縮機積層体34と絶縁積層体32との間に挿入すること

ができる。積層体の外側の波形軸を有する矢印38は、低温 $T_L$ から高温 $T_H$ への  
熱伝達の方角を示している。積層体の中の実線の軸を有する矢印40は、作動流  
体の流れ方角を示している。隠線（鎖線又は破線）で示されているコンジット4  
2は、その積層体の中での流体の接触がないことを示している。コンジット42  
は、図示の数よりも少なくしたり、あるいは、より多く設けることができる。

図3bには、ヒートポンプの別の実施例が示されている。この実施例において  
は、蒸発器積層体31は、絶縁積層体32の上に設けられており、また、凝縮器積  
層体36は、上記絶縁積層体の反対側に設けられていて、超小型構成部品熱アセ  
ンブリ43を形成している。大型圧縮機44、及び、大型膨張弁46が、超小型  
部品の外部に設けられている。この実施例においては、絶縁体32を通る通路又  
はコンジット42を設ける必要は全くないことが分かる。

#### 例 1

超小型凝縮器及び超小型蒸発器の作動すなわち操作を証明するために、実験を  
行った。図4に示す試験装置は、溝集合体ピース401、及び、マニホールド4  
02を備えるように製作された。溝集合体ピース401及びマニホールド402  
は共に、銅から形成された。溝集合体ピース401の溝集合体4を含む部分の寸  
法は、約2.3cm×2cm×1mmであり、また、溝壁部404は、ベース4  
06の上方でフィンのように伸長している。溝集合体4は、各対をなす溝壁部4  
04の間に設けられる48個の横溝を備えている。各々の横溝は、約260ミク  
ロンの幅、及び、約1mmの深さを有している。リング溝408が、溝集合体  
ピース401とマニホールド402との間をシールするためのリング（図示せ  
ず）を收容している。

マニホールド402は、ステンレス鋼製の隆起したルーフ（屋根）410を有

している。この隆起したルーフ410は、溝集合体4の上に被さって、溝壁部404の頂部と隆起したルーフ410の下面との間に、殆ど又は全くスペースを残さない。そのようなスペースが設けられたとしても、10分の1mmの範囲内であり、多くの場合には、0.01mmである。隆起したルーフ410は、溝壁部404に平行な方向において、過大寸法になっていて、溝集合体4の両端部に幅Wを有するヘッダを形成している。複数の取付接続穴412が、隆起したルーフ410に形成されていて、流体を溝集合体4に流すようになっている。

この試験装置は、作動流体として冷媒R-124を用いて、凝縮器として作動させた。定常状態の条件は、入口が約20℃の温度の過熱されたR-124を受け取り、また、出口が過冷却された液体R-124を排出する状態で、約3気圧の圧力に規定した。凝縮器は、0℃の温度の水/氷浴の環境に置いた。冷媒の流量は、0.150 g/sと0.205 g/sとの間で変化させた。入側の過熱されたR-124及び出側の凝縮された液体R-124のエンタルピー変化は、155ジュール/gであり、これは、本試験装置が、熱交換器の仕事面積に関して、約6から約8ワット/cm<sup>2</sup>の熱伝達率を達成したことを証明している。

#### ヒートポンプの実施例

ヒートポンプに関する上の説明及び超小型部品の例は、蒸気圧縮サイクルの間に置いた場合である。ヒートポンプの当業者は、蒸気圧縮サイクルに加えて、熱力学サイクルがヒートポンプに使用されることが分かっている。例えば、逆ブレイトンサイクル、スターリングサイクル、及び、吸収サイクルが使用されている。

図5aは、マイクロチャンネル型熱交換器を大型圧縮機と組み合わせた逆ブレイトンヒートポンプを示しており、また、図5bは、大型部品を全く使用しない逆ブレイトンヒートポンプを示している。図5aにおいては、超小型構成部品熱アセンブリ43は、絶縁積層体32の上に設けられた溝集合体4を有しているマイクロチャンネル型熱交換器のエジェクタ501と、絶縁積層体32の上記エジェクタ501とは反対側の側部に設けられているマイクロチャンネル型熱交換器のレシーバ503とを備えている。単数又は複数の膨張弁505が、エジェクタ

501からレシーバ503への流れを許容する。圧縮機507が、作動流体を本システムに流す。

図5bにおいては、総ての単位操作が、超小型構成部品によって実行され、従って、理想サイクルに近い運転が行われる。図5bにおいては、レシーバ510は、超小型発電機を有する積層体である。また、レシーバ積層体510は、伝熱材料から形成されている。レシーバ積層体510は、伝熱材料と組み合わされた超小型発電機を備えているので、レシーバ積層体510は、2つの単位操作（すなわ

ち、仕事の発生、及び、熱の受け取り）を同時に実行することができ、これにより、仕事を発生又は取り出す理想的な等温操作により近くなる。作動流体は、レシーバ積層体510から出て、断熱圧縮機積層体512に流入し、その後、超小型圧縮機を有するエジェクタ積層体514に入る。上記超小型圧縮機は、伝熱材料の中に設けられていて、圧縮操作及び熱の取り出し操作を同時に実行する。次に、作動流体は、断熱的な仕事の取り出しを行う発電機積層体516へ流れ、その後、レシーバ積層体510に戻る。絶縁積層体32は、レシーバ積層体510と発電機積層体516との間、発電機積層体516と圧縮機積層体512との間、並びに、圧縮機積層体512とエジェクタ積層体514との間に設けられている。破線で示すコンジット42は、種々の積層体及び層を通っている流体通路を示しており、また、実線の軸を有する矢印40は、少なくとも1つの単位操作を実行する積層体の中の作動流体の流れを示している。

逆ブレイトンヒートポンプの当業者は、上記組み合わされたレシーバ積層体510及びエジェクタ積層体514を、別個の積層体、並びに、別個の圧縮機／発電機の熱交換積層体から構成することができる、ということを理解できよう。しかしながら、そのような構成は好ましいものではなく、その理由は、逆ブレイトンサイクルの理想的な条件から逸脱するからである。

#### 熱機関類

熱力学的には、熱機関は、ヒートポンプの逆である。しかしながら、実際には

、熱機関とヒートポンプは大きく異なっている。例えば、熱機関は、膨張弁を使用せず、作動流体から仕事を取り出す。作動流体は、気体又は液体とすることができるが、大型の熱機関は、大型のヒートポンプとは大きく異なっている。

実に多くの熱機関の設計がその基本としている熱力学サイクルは多数存在し、そのような熱力学サイクルとしては、特に限定するものではないが、ランキンサイクル、ブレイトンサイクル、スターリングサイクル、オットーサイクル、ディーゼルサイクル、カリナサイクル (Kalina Cycle)、及び、エリクソンサイクルを挙げることができる。また、エリクソンサイクル複合サイクル、及び、種々のエネルギー保存手段が存在する。ランキンサイクルにおいては、種々の熱機関の用途において、例えば、再加熱操作、過熱操作、及び、供給水予熱操作が、単独又は組み合わせて用いられてきた。作動流体のタイプ、燃料の内燃対外燃、及び、他の特性が当業者には周知であるので、上記サイクルは総て明瞭である。しかしながら、これら総ての熱力学サイクル及びその改善は、理想的なカルノーサイクルの性能に近づけようとする試みの結果である。

超小型積層体（特に、凝縮器及び蒸発器）を使用すると、それぞれの熱伝達率が高くなるので、上記サイクルの効率を改善する可能性がある。また、超小型発電機（例えば、逆方向に駆動される電磁アクチュエータ）を使用すると、他のどのようなサイクルよりも高い効率を有する完全に超小型ベースの熱機関を提供する可能性がある。

上述のように、多くの熱機関サイクルが存在するが、熱機関サイクルの分野の当業者は、以下の記載を、以下に議論する特定のサイクルのみならず、他のサイクルにも適用することができるものとする。

図6aは、超小型構成部品だけから構成されたランキンサイクル熱機関を示している。蒸発器積層体601が、絶縁積層体32の一方の側部に設けられた発電機積層体603の上に位置している。絶縁層32の反対側の側部には、ポンプ積層体605、及び、凝縮器積層体607が設けられている。

図6bは、超小型構成部品及び大型部品の組み合わせから構成されたランキンサイクル熱機関を示している。超小型構成部品熱アセンブリ43は、絶縁積層体

32の一方の側部に設けられた蒸発器積層体601と、絶縁積層体32の反対側の側部に設けられた凝縮器積層体607とを備えている。ポンプ608が、作動流体を凝縮器積層体607から蒸発器積層体601に循環させ、また、タービン／発電機装置610が、上記作動流体から仕事を取り出して発電を行っている。

図7aは、超小型構成部品から成るブレイトンサイクル熱機関を示している。2つの熱交換器（エジェクタ501、及び、レシーバ503）は、上述の逆ブレイトンサイクルの場合と同じものとすることができる。発電機701は、ランキンサイクルの発電機603と同様なものとすることができるが、異なる作動流体を受け入れるために必要な変更が行われている。同様に、圧縮機703も、通常は気体（例えば、空気）であるブレイトンサイクルの作動流体に適合するようになっている。

図7bは、超小型部品及び大型部品の組み合わせから構成されたブレイトンサイクル熱機関を示している。タービン／発電機装置707は、上述のランキンサイクルのタービン／発電機装置610と同様なものとすることができるが、蒸気ではなく空気又は他の非凝縮性気体を取り扱えるように特化されている。同様に、圧縮機705及び超小型部品熱アセンブリ43も、空気又は他の非凝縮性気体を作動流体として取り扱えるように設計されている。

図7cは、エリクソンサイクルとも呼ばれる理想的なブレイトンサイクルに近い更に別の超小型構成部品の例を示している。この実施例は、2つの単位操作を有する一つの積層体を備えていて、上記2つの単位操作が上記一つの積層体の別の部分で行われる場合を示している。より詳細に言えば、レシーバ積層体706は、熱交換器のレシーバ部分503と、等温発電機部分510とを有しており、一方、エジェクタ積層体708は、熱交換器のエジェクタ部分501と、等温圧縮機部分514とを有している。

有毒ガスを含むある種の原料化学薬品の分配生産が、本発明の超小型構成部品シート構造によって、その使用時点で可能になる。原料を使用時点において製造することにより、輸送上及び貯蔵上の有害性及び経費が低減される。より詳細に言えば、環境の回復、特に、地下水の浄化のために、超小型構成部品シート構造

の化学プロセスを地下に設けることができる。

### 発電システム

発電システムが、図8に示されている。マイクロチャンネル型化学転化器が、燃焼器800として用いられており、この燃焼器は、反応物802を受け入れて生成物804を排出する。燃焼器800の熱は、プラント806の残りの部分に接続されている蒸発器601、あるいは、レシーバ503又は510へ搬送される。プラント806の残りの部分は、上述のいずれかの熱機関の必要な構成要素を備えている。

### 化学プロセスシステム

マイクロチャンネル型化学プロセスシステムは、化学プロセスの単位操作が少なくとも1つの単位操作と組み合わされているシステムである。マイクロチャンネルを化学プロセスに使用することにより、通常の「マクロチャネル（大型通路）」型の大型反応装置では得ることのできない、より広範囲のプロセス制御を行うことができる。例えば、マイクロチャンネル型積層体を用いることにより、広範囲の温度制御が可能となる。すなわち、シート構造に使用されるマイクロチャンネル型化学反応装置は、マイクロチャンネルのシートにわたって、温度勾配又は温度変化を制御することができ、これにより、非平衡状態の消滅及び達成を可能にする。温度に加えて、他のパラメータを厳密に制御することができる。すなわち、マイクロチャンネル構造は、滞留時間又は速度プロファイルあるいはその両方の制御を行うために使用することができる。熱エネルギー以外のエネルギーを用いて、反応を活性化したり、あるいは、所望の反応に対する環境的な伝達を行うことができる。上記所望の反応としては、特に限定するものではないが、場で電氣的に誘導される反応（例えば、プラズマ、又は、水相の電気化学的反応装置）、磁氣的に誘導される又は制御される化学反応、及び、音波誘導される反応を挙げることができる。温度勾配を与える例においては、凝縮器又は蒸発器用の並列なマイクロチャンネルのシートを設けて、隣接するマイクロチャンネルを異なる圧力に維持し、これにより、異なる温度で相変化を行わせる。凝縮器又は蒸発器のマイクロチャンネルに対して直交流式に設けられたマイクロチャンネルを有する反応装置シートを用いた場合には、マイクロチャンネル型反応装置の長さに沿

つ

て、反応条件を制御することができる。

電界発生器を用いて、電場又は磁場を誘導する。電界発生器は、反応装置マイクロチャンネルを有する第1の積層体に接近して設けられる。

マイクロチャンネル型反応装置は、マイクロチャンネルを閉塞させることとなる物質又は固形物を必要とせず、また、マイクロチャンネルを閉塞させることとなる物質又は固形物を発生することのない反応に使用されるのが好ましい。マイクロチャンネル型シート構造は、例えば、反応装置の単数又は複数の所定の箇所における反応温度及び温度勾配を制御するような、局所的な反応条件の厳密且つ正確な制御を行うことができるので、マイクロチャンネル型シート構造は、部分酸化反応の場合のように、厳密な制御を行うことが有益であるような反応に使用されるのが好ましい。

反応温度の制御は、総ての部分酸化反応にとって重要であり、また、滞留時間の制御は、その反応によって、また、その反応条件によっては、重要である場合がある。例えば、メタンの水素への部分酸化は、メタンが燃焼して二酸化炭素及び水になるのを防止するために、温度及び滞留時間の両方の制御を必要とする。反応用マイクロチャンネルのシートを冷却用マイクロチャンネルのシートに設けることによって、反応温度を制御して、水素の収率を最大限にすることができる。

温度制御は、幾つかの方法によって行うことができる。例えば、第1のシートすなわち積層体が、第2のシートすなわち積層体に対して直交流の関係にある場合には、特定のマイクロチャンネルすなわち超小型構成部品の中の冷媒の温度を制御することにより、第1の積層体の流れ方向に沿う温度勾配が維持される。熱伝達シートすなわち熱伝達積層体に二相流を用いる場合には、圧力を用いて相変化温度を制御することになる。そうではなく、例えば、流路の幅、断面積及び／又は形状が変化するマイクロチャンネル構造を用いて、化学プロセスシートすなわち化学プロセス積層体への又はこれからの熱伝達を最適化することができる。

ここで図9を参照すると、マイクロチャンネル型反応装置900は、第1の積

層体902から成る反応装置を備えており、この反応装置は、反応物904（燃料及び酸素であるのが好ましい）を受け取って、反応生成物906を排出する。

第1の積層体902は、マイクロチャンネル908を備えている。マイクロチャンネル908は、これらマイクロチャンネル908の表面に設けられたコーティング910を有しているのが好ましい。このコーティングは、触媒、あるいは、単数又は複数の触媒を有する触媒担体であるのが好ましい。そうではなく、上記コーティングは、浸透性の材料、あるいは、湿潤性又は接触角に影響を与える材料とすることができ、そのようなコーティング材料としては、特に限定するものではないが、例えば、ニッケル、白金、及び、ロジウムの如き触媒金属を挙げることができる。また、化学的な分離器に関しては、上記コーティング910は、隔膜又は吸収剤である。

第2の積層体912は、マイクロチャンネル914を備えており、これらマイクロチャンネルは、液体（水であるのが好ましい）916を受け取って、蒸発物（蒸気であるのが好ましい）918を排出する。液体から蒸発物への相変化を用いて、反応マイクロチャンネル908の中の反応温度を制御する。反応温度を制御することが望ましい部分酸化のような反応に関しては、冷媒マイクロチャンネル912を反応マイクロチャンネル902に近接して設けるのが好ましい。冷媒マイクロチャンネル912及び反応マイクロチャンネル902は、直接的に接触させることができ、あるいは、その間にギャップを設けることができる。このギャップは、空にすることができ、あるいは、絶縁材料で充填することができる。熱伝達を最大限にするために、反応物に対する冷媒の流れは、向流であるのが好ましいが、並流又は直交流とすることもできる。

上記蒸発物は、例えばランキンサイクルの如き熱機関の中で、作動流体として用いることができる。別の実施例においては、反応は、部分酸化とは異なって燃焼温度の制御が重要ではない、燃焼反応とすることができ、この場合においては、熱機関における唯一の作動流体として相変化を用いて、仕事を発生させる。従って、単一の相の流体を用いて、熱を取り出し、その際に相変化を全く生じさせないようにすることができる。



電気化学的な単位操作に使用することのできる別の実施例が、図10a及び図10bに示されている。図10aにおいては、側面102及び底面104によって画定された溝100を有する積層体すなわち材料シート1は、例えば、セラミッ

クの如き非導電材料である。底面104には、導電材料106の層が設けられていて、溝を有する導電シート107を形成している。また、図10bに示すように、誘電層108を導電層106の上に設けることができる。上記誘電層は、側面102を覆うように伸長するのが好ましい。誘電層108によって覆われている導電材料製の層106を有する材料シート1は、溝を有する絶縁された導電シート110を形成している。

溝を有する上記導電シート（107又は110）は、溝を互いに向かい合わせ、また、隔膜1100をその間に設けた状態で、互いに隔置させることができる（図11）。溝を有する導電シート107を用い、また、透過性の隔膜を用いる場合には、電気化学的電池の作用を行わせることができる。コネクタ1102が、電極及び／又は流体ポートの役割を果たし、この場合の流体は、液体又は気体とすることができる。電源（図示せず）が、電位を発生するために必要な電位を与える。絶縁された溝を有する導電シート110を気体と共に用いた場合には、溝100の中に低温プラズマを発生させることができ、この低温プラズマは、溝100から隔膜1100に向かって伸長することができる。また、低温プラズマを形成するために、絶縁された単一の導電性溝シート110を用いることができ、この場合には、隔膜1100は、非透過性であって、カバーとして作用する。別の実施例においては、隔膜1100を省略し、溝を持たない第2のシートにカバーの役割を果たさせることができる。

隔膜で隔置されていて絶縁された一対の導電性溝シート110に関しては、メタン、及び、少量の酸素を上記隔膜の一方の側に位置する低温プラズマの中に導入して、取り出されるエチレンと、上記隔膜を通る水素を発生させることができ、上記水素を窒素と結合させて、アンモニアを発生させることができる。また、天然ガスを上記プラズマに通して、アセチレン、エチレン、環状プロパン、又は

、これらの混合物を生成させることができる。

更に、単一のチャンバを有する絶縁された導電性溝シート110を用い、揮発性有機汚染物質(VOC)を含む空気を上記プラズマに通すことによって、産業プロセス(例えば、乾式複写機)のVOCを分解させることができる。他のプロセスは、ホルムアルデヒド及びアンモニアを放出するフィルム処理プロセスであつ

て、このプロセスは、上記ホルムアルデヒド及びアンモニアをプラズマ中で分解して、呼吸可能な空気を発生させることができる。

## 例 2

被覆された絶縁型の導電性溝シート110を用いて低温プラズマを発生させる実験を行った。

絶縁型の導電性溝シート110は、機械加工可能なガラスセラミックであるM a c o r から形成された。2つの溝が設けられており、これら溝は、約2.38 mm (3/32インチ)の幅、約3.18 mm (1/8インチ)の深さ、及び、約88.9 mm (3-1/2インチ)の長さを有していた。各々の溝の底部には、5ミクロンの厚さのアルミニウムの金属層が設けられた。5ミクロンの厚さを有する誘電材料(アルミナ( $Al_2O_3$ ))の層が、上記アルミニウム金属の上に設けられた。

空気を上記溝に通した。カバーは、アースの役割を果たすアルミニウムであった。1.5 kV、10 mAの電気を60 Hzから25 kHzの周波数で上記アルミニウム層に与えた。プラズマが観察された。低い周波数においては、各プラズマ1200は、図12aに示すように、火炎のように溝から伸長した。高い周波数においては、各プラズマ1200は、図12bに示すように、一緒になって、溝の上方の空間を満たす傾向があった。

## 化学的な分離及び転化

本明細書で用いる化学的な分離という用語は、ある溶媒と他の溶媒との間の化合物又は元素のあらゆる交換を意味しており、上記溶媒は、液体又は気体あるいはその両方とすることができる。その一例は、吸収サイクル式の冷却装置である

。化学的な分離操作においては、多孔膜を用いる。この多孔膜は、元素又は化合物を含む第1の溶媒は、その多孔膜を濡らさないが、第2の溶媒は、その多孔膜を濡らし、上記第1の溶媒の中の元素又は化合物が、その多孔膜を通して上記第2の溶媒へ移動する、ように選択される。

上記両溶媒の深さを小さくする、すなわち、約1ミクロンよりも浅くすることによって、より深い場合に比較して、より高い吸収率が得られる。マイクロ細孔型の接触装置は、カバーシートの上に設けられたマイクロ細孔型の接触器シートであ

る。各々のカバーシートは、マイクロプリナム（超小型プリナム）、あるいは、少なくとも1つの超小型構成部品と、マイクロ細孔型接触器シートを通る流体の流れを許容する入口及び出口とを備えている。

多くの実際のシステムにおいては、高い吸着率／脱着率を得るために、吸着流体／脱着流体へ又は該吸着流体／脱着流体から熱を伝達させることが必要となる。従って、上述の熱伝達シートをマイクロ細孔型接触器ユニットと組み合わせることができる。

細孔は、実施可能な限り小さくて数ミクロン程度であるのが好ましい。すなわち、細孔は、約10ミクロンよりも小さく、約3ミクロンよりも小さいのが極めて好ましい。細孔のサイズが小さければ、シートを通過する速度に対する抵抗が大きくなり、従って、圧力勾配が大きくなる。カバーが、シートの上に設けられて、流体プリナムが形成される。この流体プリナムは、上記シートから上記カバーまでの距離である、約10ミクロンより小さい高さを有している。次に、物質拡散が停滞膜の中に生じて、マイクロ細孔型接触器シートを通る。超小型構成部品をマイクロ細孔型接触器シート的一方又は両方の側部に形成することができる。また、マイクロ細孔型接触器シートは、超小型構成部品自体は全く備えていないが、上記単数又は複数のカバーシートが、流体を上記マイクロ細孔型接触器シートを通して導くための超小型構成部品を備えることができる。別の実施例においては、流体マイクロプリナムが、マイクロ細孔型接触器シートの両側に単に設けられる。

マイクロ細孔型接触器シートは、例えば、光露光法（リトグラフ法）、電着法、

射出成形法、又は、焼結法によって、金属、セラミック又はプラスチックをマイクロ機械加工することにより形成することができる。マイクロ機械加工された接触器シートの利点としては、シート全体を通じて細孔のサイズすなわちポアサイズを正確に制御することができることが挙げられる。

作動の際には、流体は、並流、向流又は直交流として流れることができる。並流は、少ない物質の流れを生じさせて抽出量を少なくするが、マイクロ細孔シートの前後の差圧すなわち圧力勾配を小さくすることができる。気体が、上記流体の中の1つであり、上記気体を液体の中に吸収する場合には、上記液体ではなく上記気体がマイクロ細孔シートを通過するようにするのが好ましい。従って、マイクロ

細孔シートは、上記液体がマイクロ細孔シートを濡らさないように、被覆すなわちコーティングされるか、あるいは、上記液体がその表面張力によって支持されて細孔を通過することがないように、十分に小さな細孔を有するのが好ましい。

マイクロ細孔シートが、カバーの間に十分に自立する（その形状を維持する）ことができない場合には、上記カバーに突起又はランドを形成して、マイクロ細孔シートを支持するようにすることができる。また、上述のように、マイクロ細孔シートは、溝又は超小型構成部品を備えることができる。いずれの場合においても、突起又はランドが、マイクロ細孔シートを支持することになる。

マイクロ細孔型接触器ユニットが、図13に示されている。マイクロ細孔型接触器シート1300が、2つのカバー1302、1304の間に設けられている。これらカバーは各々、カバーシート1306及び分配シート1308を有しており、従って、組み立てた時に、マイクロ細孔型接触器シート1300とカバーシート1306との間にマイクロプリナムが形成される。吸収器として使用される場合には、気体が、入口1310を通過してカバー1302の中に導入される。薄い溶液が、入口1310を通過してカバー1304に入り、濃い溶液が、出口1314から出る。溶媒抽出に使用される場合には、溶媒が、入口1310からカバー1302に入り、抽出液は、出口1314から出る。原料が、入口1310に入り、抽残液が、出口1314から出る。吸収操作又は溶媒抽出操作のいずれに関しても、熱を除去又は加える必要がある場合には、マイクロチャンネル型熱交換器

シート1318を図示のように使用することができる。化学反応装置として用いる場合、特に、液体有機物質の部分酸化を行う場合には、気体は、マイクロ細孔型接触器シート1300を通過する酸素である。

### 例 3

液体の中への気体の吸収という形態の分離操作を証明するために実験を行った。より詳細に言えば、アンモニア蒸気を液体の水の中に吸収させた。使用したマイクロ細孔型接触器シートは、焼結ステンレス鋼から形成されていて、4mm (1/16インチ) の公称厚さを有しており、その平均ポアサイズは、2-5マイクロンであり、空隙率は、30%から50%であった。カバーシートが、マイクロポリナムを形成し、これらマイクロポリナムは、マイクロ細孔型接触器シートからカバー

シートの内側面までの距離である、約100乃至300マイクロンの厚さ(膜厚)を有していた。マイクロ細孔型接触器の上の液膜の中で、アンモニアが水に吸収された。アンモニアの流量は、0-4 g/min. の範囲で変化させ、また、水の流量は、0-33 g/min. の範囲で変化させた。温度を20-60℃の範囲で変化させて、等温及び断熱の試験を行った。吸収圧力は、絶対圧力で約1.1乃至2.1 kg/cm<sup>2</sup> (15乃至30 psi) であった。

その結果を図14に示す。最初に、断熱試験のデータを検討すると、点1400は、100マイクロン及び300マイクロンの膜厚におけるアンモニア濃度の実際の測定値を示している。理論的な最大吸収率すなわち「平衡」(温度の関数である)を計算し、断熱試験に関して点1402で示してある。吸収膜厚が減少するに連れて、測定されたアンモニア濃度は、理論的な最大値に近づいている。

同様な結果が、等温試験に関して示されていて、実際の測定点1404、及び、平衡点1406が示されている。試験が真に等温的であれば、平衡線は、水平になっていたはずである。上記平衡線が、若干傾斜しているということは、異なる膜厚に温度差があることを示している。

断熱データ及び等温データを比較すると、熱を除去しない場合(断熱)よりも、熱を除去した場合(等温)の方が、より高い吸収率を達成することができる、

ことは明らかである。

### 燃料処理ユニット

発電システムに関しては、燃料の供給が必要である。触媒を用いる燃料電池の場合には、そのような触媒は、一酸化炭素又は他の汚染物質によって、汚損されることがある。従って、燃料処理ユニットは、部分酸化反応装置、転化反応装置（CO及びH<sub>2</sub>OをH<sub>2</sub>及びCO<sub>2</sub>に転化する）、硫黄スクラッバー、残留するCOを除去するための優先的な酸化反応装置、あるいはこれらの組み合わせを備えることができる。これら各々の特徴的な装置を含む燃料処理ユニットが、図15に示されている。

### 他の化学処理の用途

#### 例 4

図16aに示すマイクロチャンネル型構成部品を用いた燃焼反応装置を証明するために実験を行った。燃料及び酸化剤が、セラミックチューブ1600に入る。電子点火装置（図示せず）で点火を行う。燃焼生成物が、ヘッダ1602を通過して、ガス流積層体1604に入る。水が、水流積層体1606に入る。

積層体1604、1606の中のマイクロチャンネルは、放電機械加工によってステンレス鋼に形成された。溝の公称寸法は、幅が300マイクロメートル、深さが500マイクロメートル、長さが34ミリメートルであった。熱伝達を行う面積は、 $9.98\text{ cm}^2$ であった。

この実験において、燃料はメタンであり、酸化剤は、酸素であった。メタン1モル当たり酸素が厳密に2モルである質量流量を維持して、化学量論的な燃焼が起こるようにした。水の流量は、約 $1.28\text{ g/s}$ （ $1.6\text{ gal/hr}$ ）と $1.32\text{ g/s}$ との間であった。燃焼効率としての結果が、図16bに示されている。低い熱消費率においては、燃料の高位発熱量（HHV）を基準にして、燃焼効率は約92%である。 $15\text{ W/cm}^2$ よりも高い熱消費率においては、燃焼効率は、燃料の低位発熱量（LHV）を基準にすると、約93%であり、また、燃料の高位発熱量を基準にすると、約85%である。

### 結 言

上記基本構造及び積層体は、超小型構成部品及び大型部品並びに対応する単位操作の種々の組み合わせとして、また、図面に示し上に特に説明した以外の超小型構成部品の配列として、組み立てることができる。例えば、図8及び図11に示す部分酸化処理及びプラズマ処理は、例示的なものであって、限定的なものではない。

本発明の好ましい実施例を図面に示して上に説明したが、本発明の広い特徴から逸脱することなく、多くの変形及び変更を行うことができることは、当業者には明らかであろう。当業者は、大型のシステム又は装置で行われているように、予熱操作、中間冷却操作、再加熱操作、複合サイクル、化学プロセスの単数又は複数の単位操作、並びに、他の変形例に応用することができよう。従って、添付の請求の範囲は、本発明の真の精神及び範囲に入るそのような総ての変形例及び変更例を含むことを意図されている。

【図1】

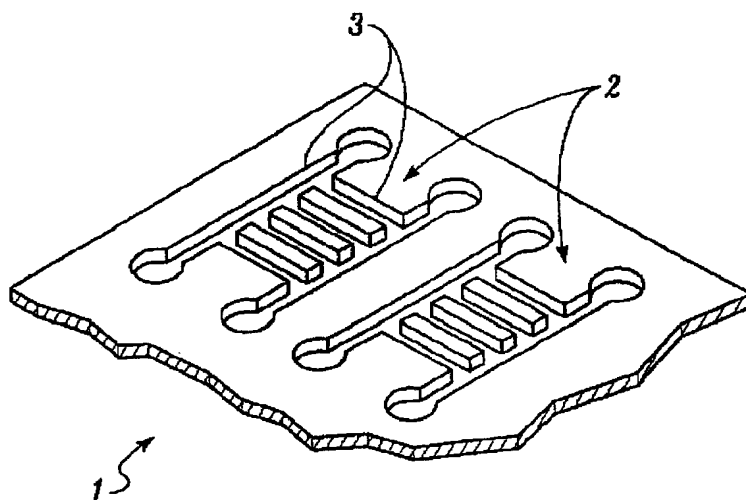


Fig. 1.

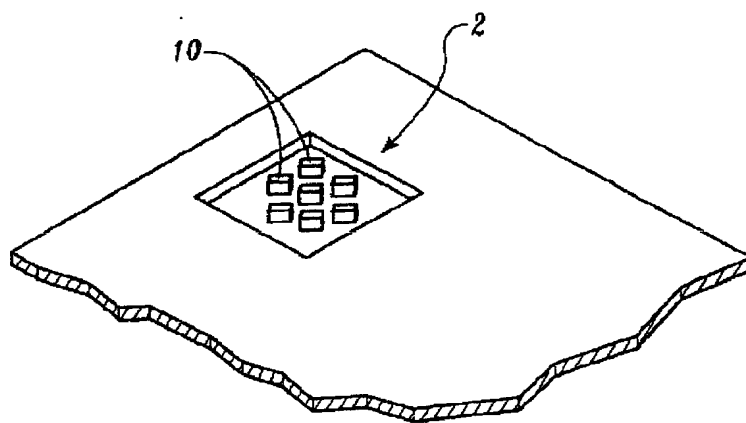


Fig. 1a.



【図2】

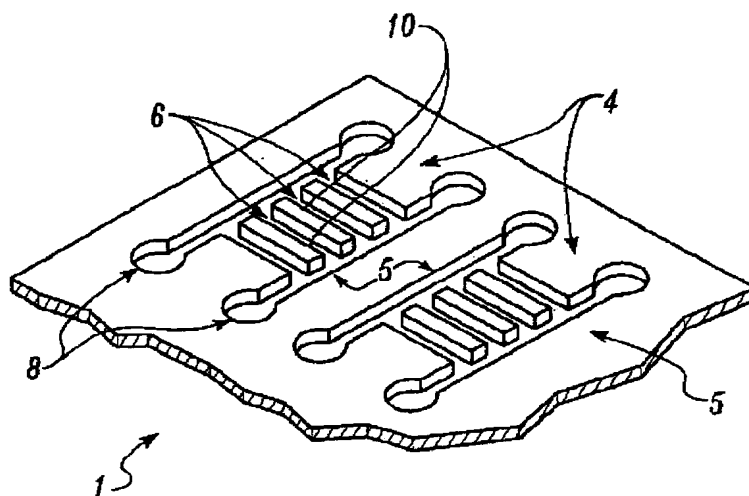


Fig. 2a.

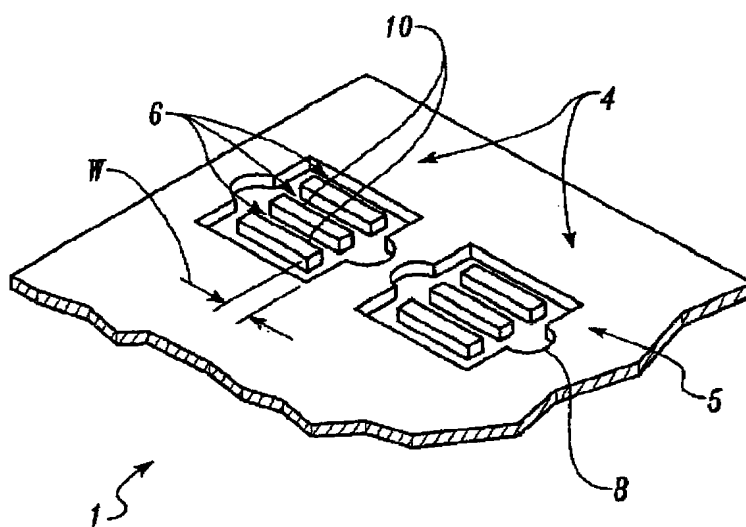


Fig. 2b.

【図 5】

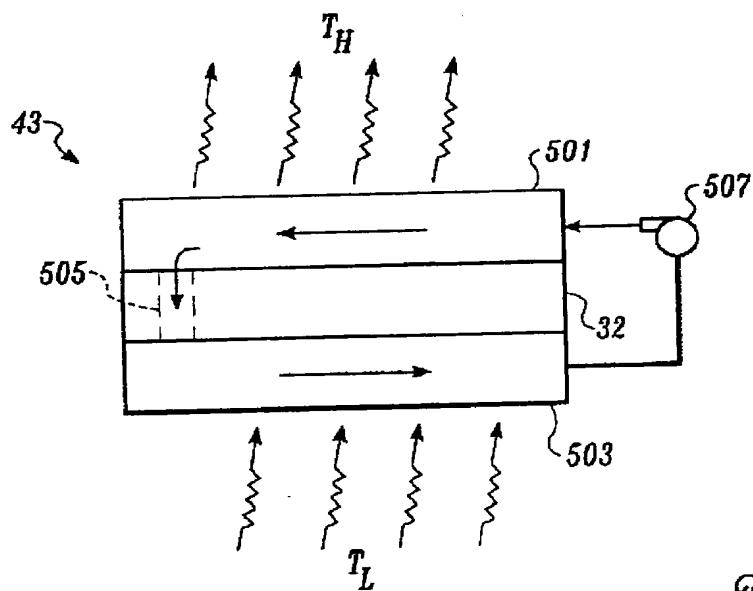


Fig. 5a.

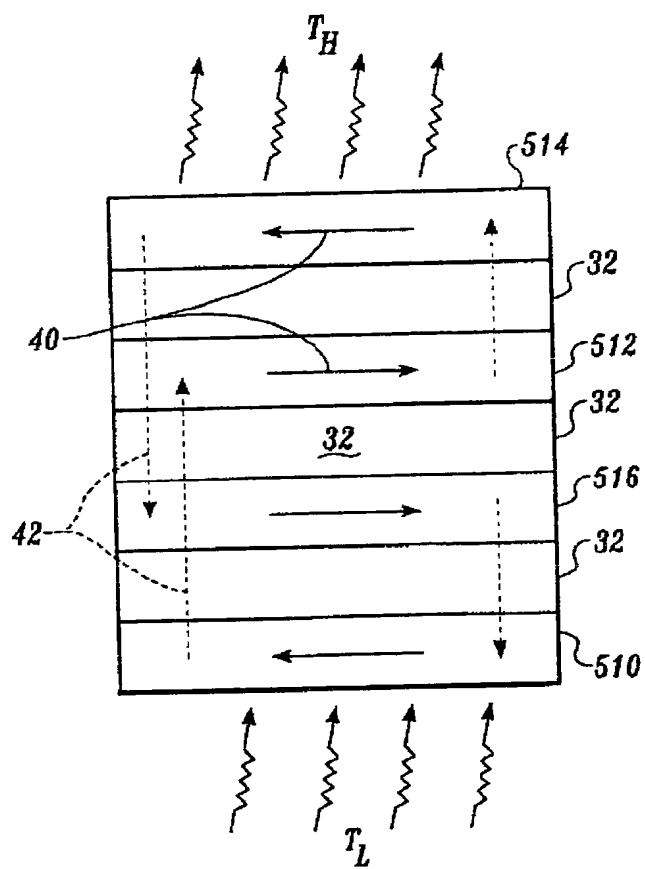


Fig. 5b.

【図6】

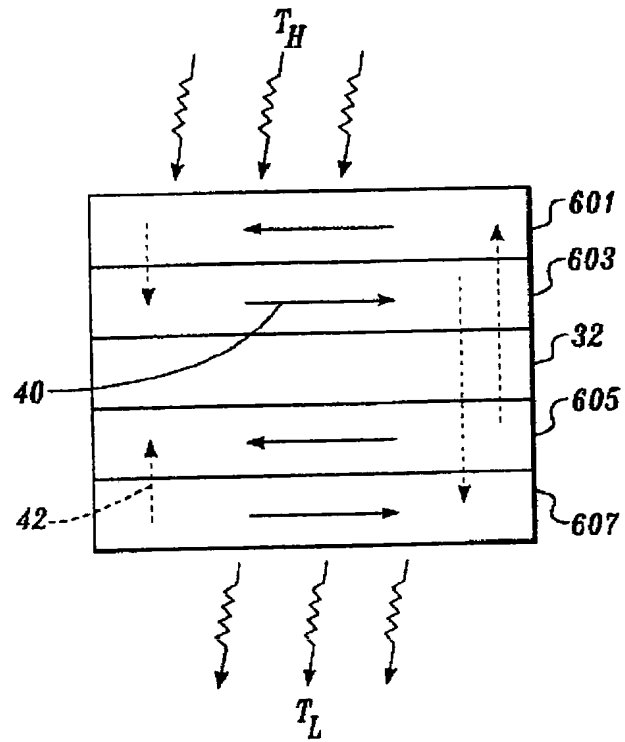


Fig. 6a.

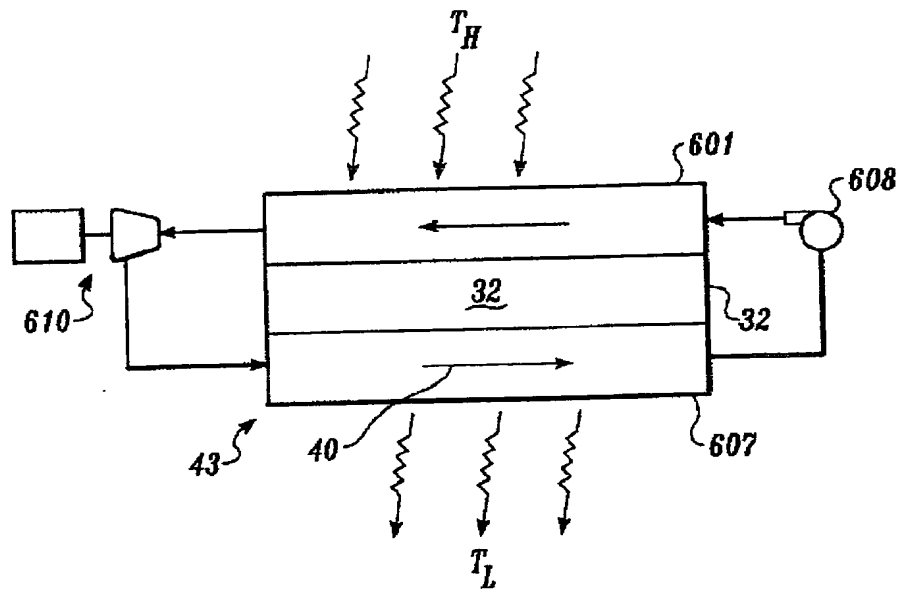


Fig. 6b.

【図7】

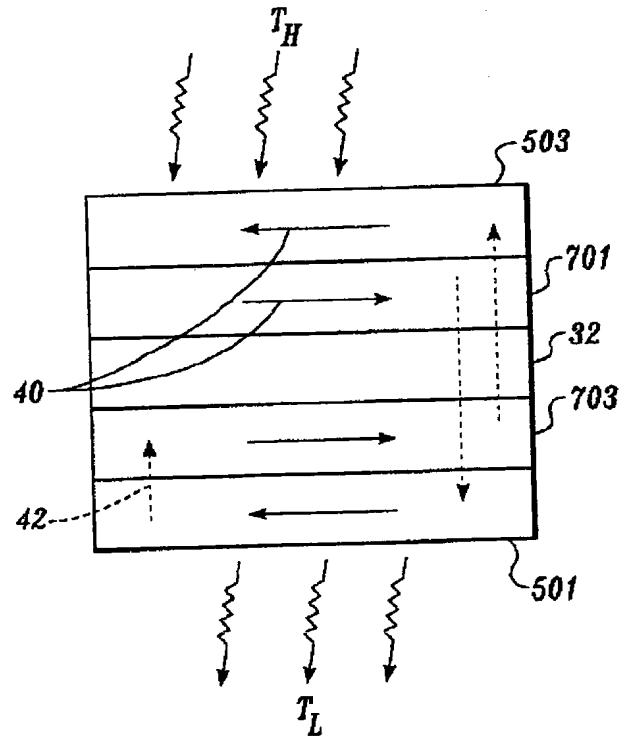


Fig. 7a.

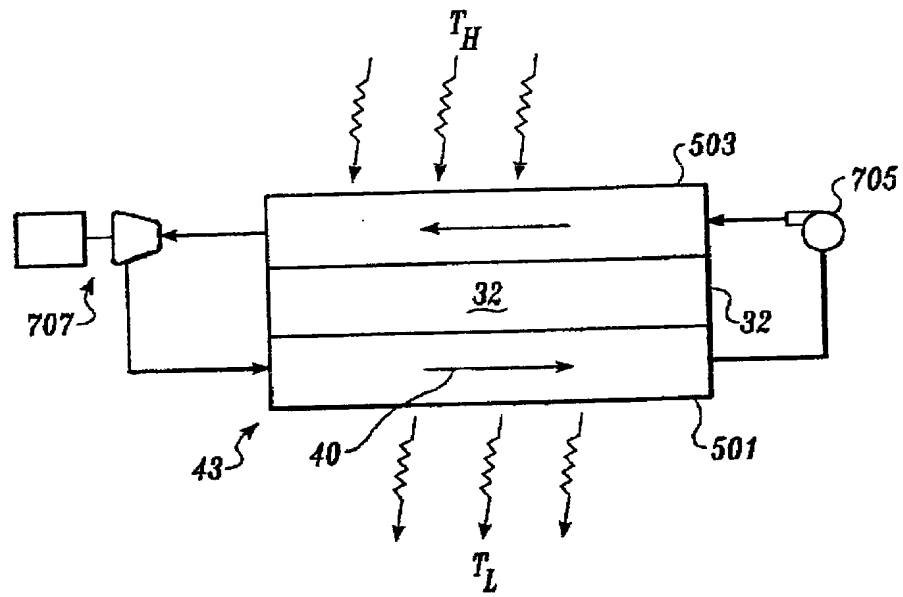


Fig. 7b.

【図 7】

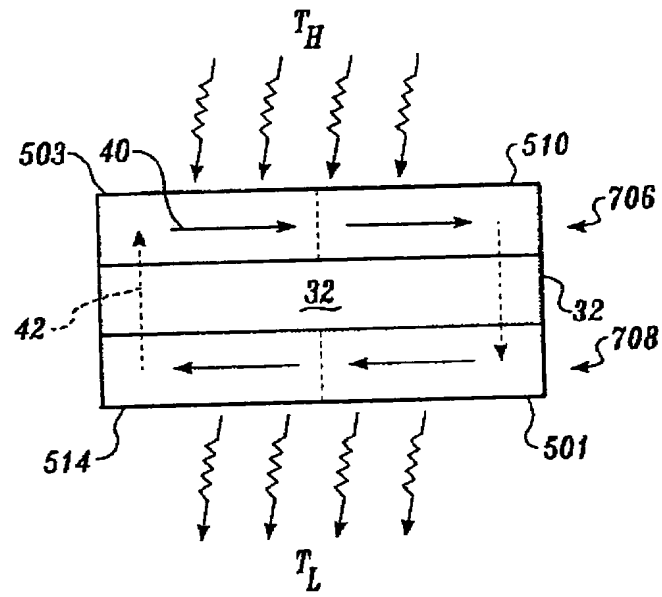


Fig. 7c.

【図 8】

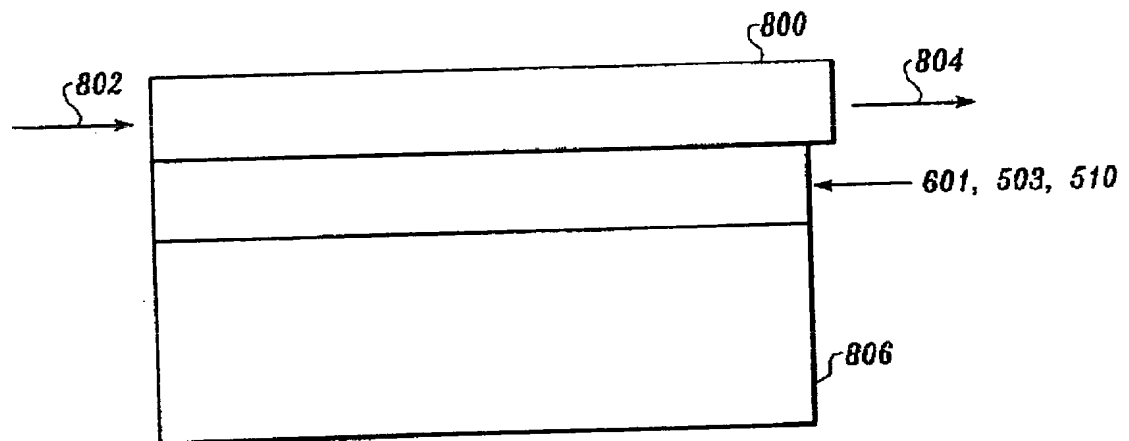


Fig. 8.

【図9】

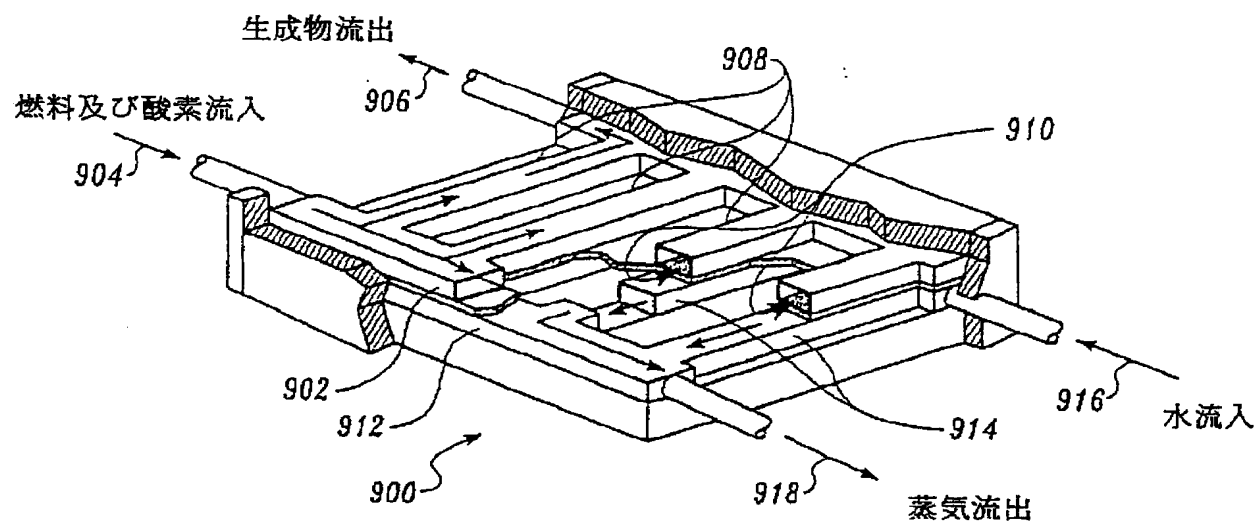


Fig. 9.

【図10】

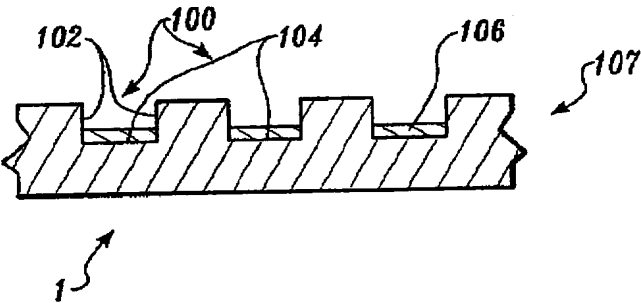


Fig. 10a.

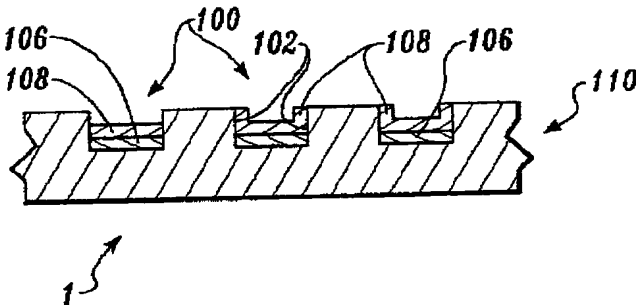
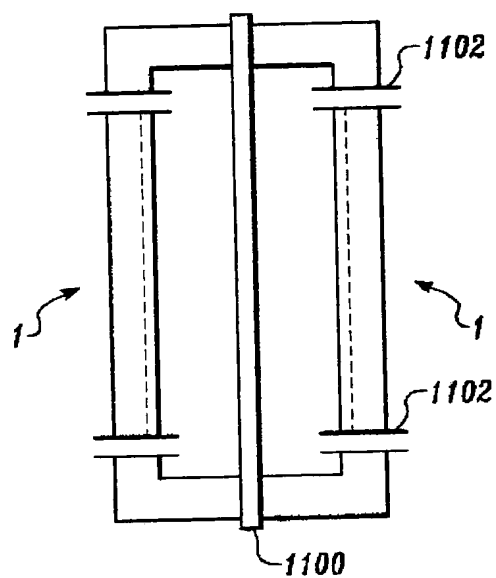
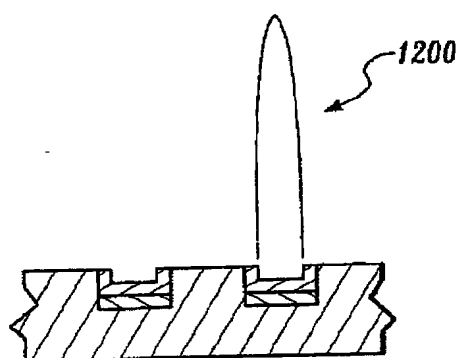
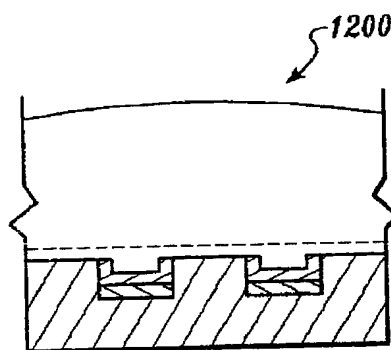


Fig. 10b.

【図 11】

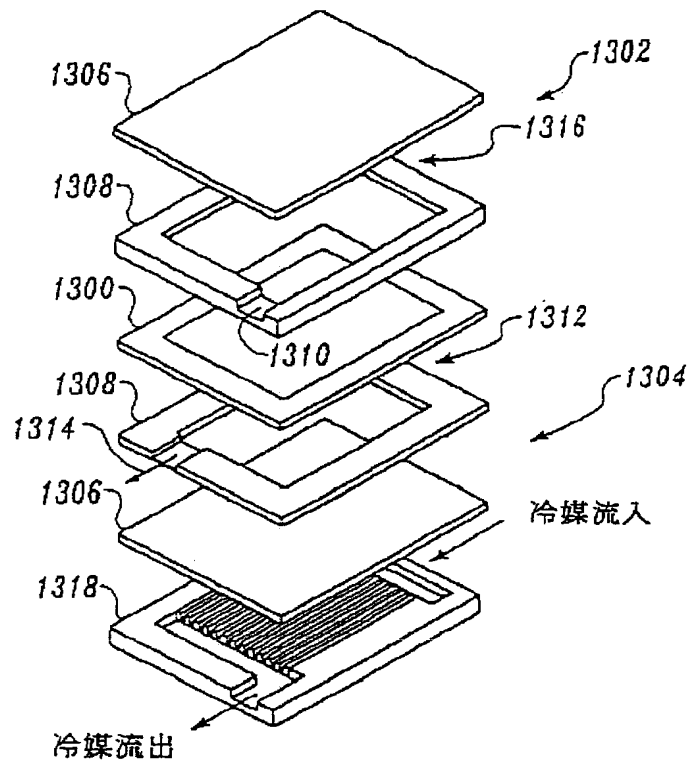
*Fig. 11.*

【図 12】

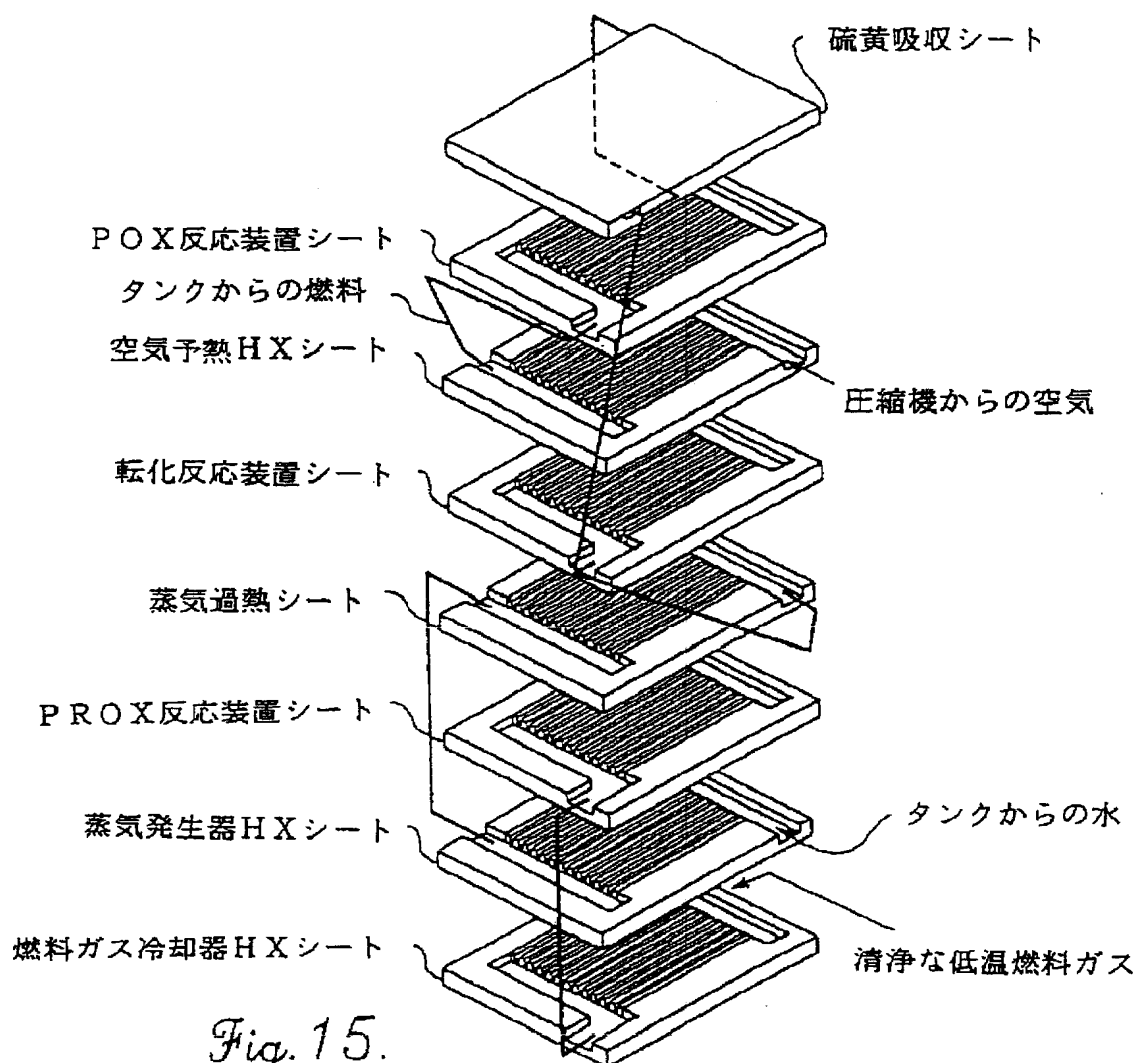
*Fig. 12a.**Fig. 12b.*



【図13】



【図15】



【図14】

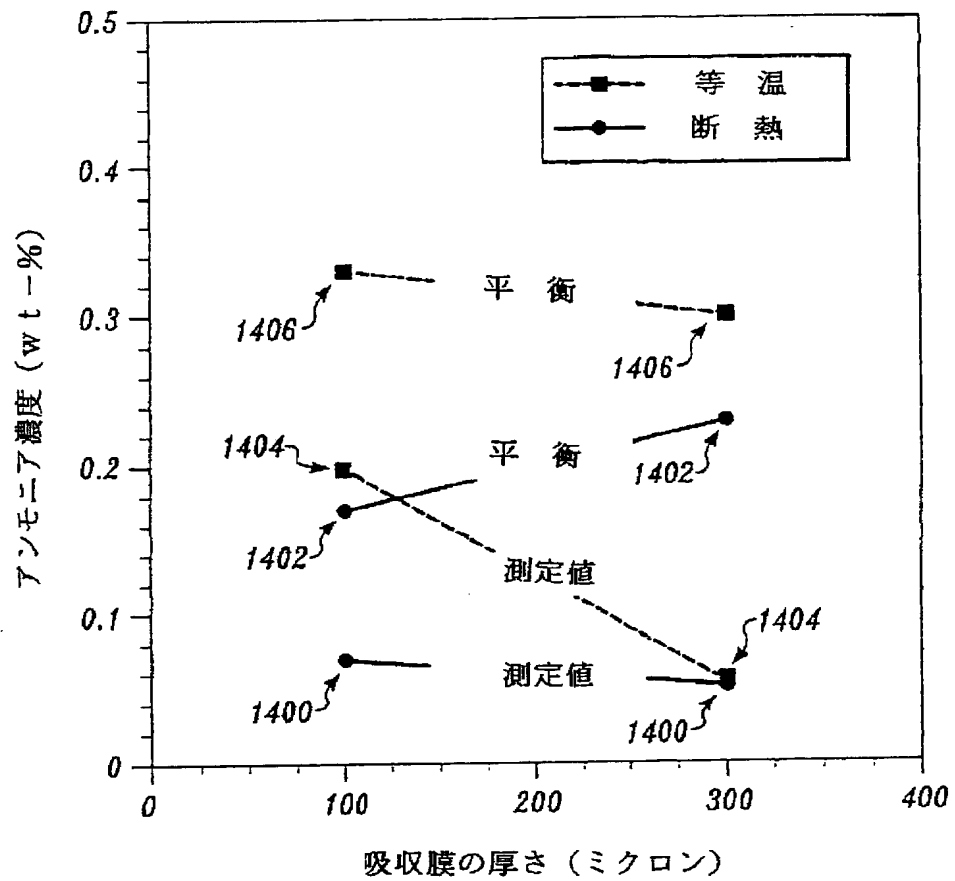


Fig. 14.

【図16】

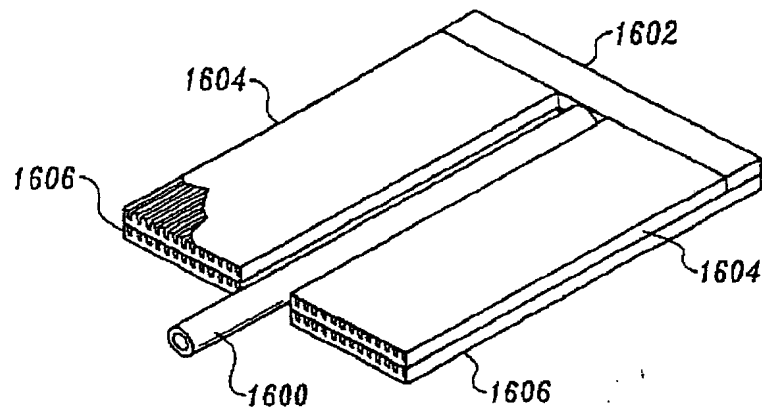


Fig. 16a.

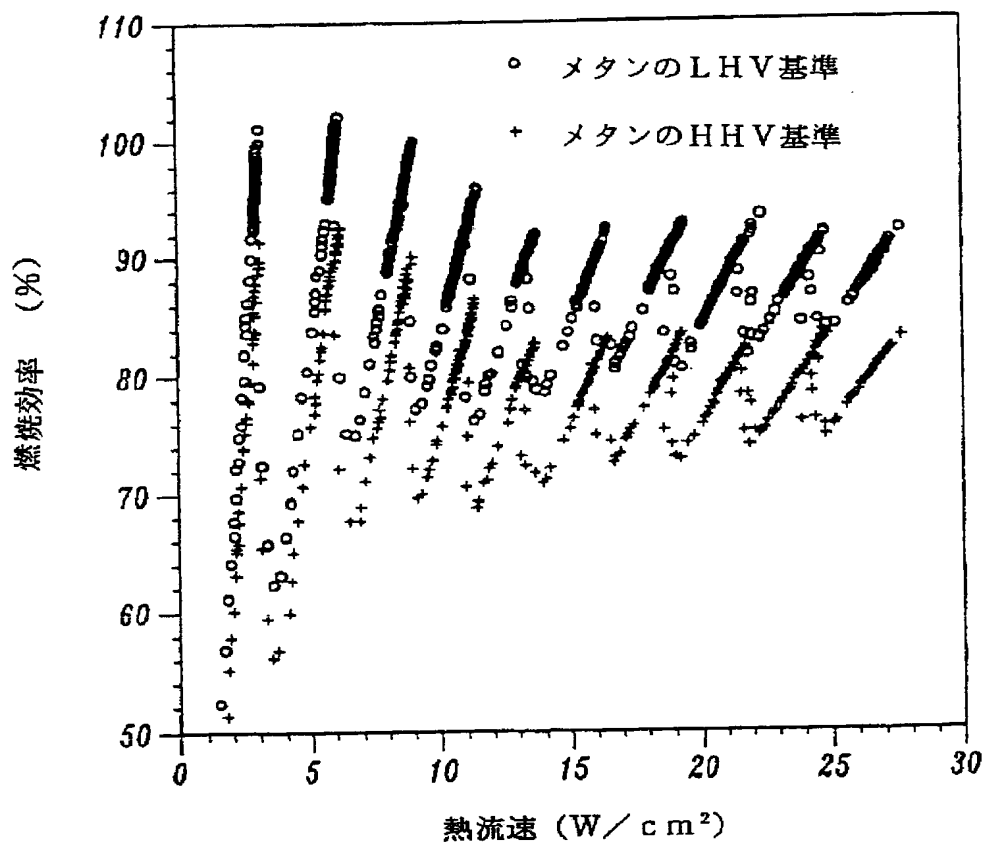


Fig. 16b.

【手続補正書】特許法第184条の8第1項

【提出日】1997年10月15日（1997. 10. 15）

【補正内容】

請求の範囲

1. 超小型構成部品化学プロセスアセンブリであって、複数の第1の超小型構成部品を有する第1の積層体を備えており、前記超小型構成部品は、化学反応物を受け取って、生成物を排出することにより、少なくとも1つの化学プロセスの単位操作を行うように構成されている、ことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

2. 請求項1に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体は、少なくとも1つの別の単位操作を行う少なくとも1つの第2の超小型構成部品に取り付けられており、前記化学プロセスの単位操作が、前記追加の単位操作と組み合わせられて、システム操作を行うように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

3. 請求項2に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第2の超小型構成部品は、第2の積層体に設けられていることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

4. 請求項1に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記複数の超小型構成部品は、前記第1の積層体の第1の部分に設けられた第1の超小型構成部品と、前記第1の積層体の第2の部分に設けられた第2の超小型構成部品とを含むことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

5. 請求項2乃至4のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記少なくとも1つの第2の超小型構成部品は、超小型構成部品シート構造に設けられている複数の第2の超小型構成部品であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

6. 請求項5に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記複数の超小型構成部品は各々、更に、複数の第1のランド及び流路を含んでい

7. 請求項2乃至4のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセ

ンブリにおいて、前記少なくとも1つの第2の超小型構成部品は、超小型構成部品シート構造に設けられている複数の第2の超小型構成部品であることを特徴と

する超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

8. 請求項7に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第2の超小型構成部品は、更に、複数の第2のランド及び流路を含んでいることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

9. 請求項5乃至8のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体は、化学反応物を受け取って、化学生成物を排出し、前記複数の第2の超小型構成部品は、熱伝達以外の少なくとも1つの単位操作を行うように構成されており、前記第1及び第2の積層体は互いに取り付けられていることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

10. 請求項5乃至8のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体は、化学反応物を受け取って、化学反応物を排出すると共に、前記第2の積層体へ熱を排出するか、あるいは、前記第2の積層体から熱を受け取るように構成されており、前記第1及び第2の積層体は互いに取り付けられていることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

11. 請求項1乃至10のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体は、化学生成物及びその担体を含む少なくとも1つの化学混合物を受け取って、前記担体から前記化学生成物を分離するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

12. 請求項1乃至10のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の超小型構成部品は、反応物を受け取って生成物を排出し、また、前記第2の超小型構成部品は、前記生成物から仕事又は熱を取り出すように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

13. 請求項1乃至12のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1のマイクロチャンネルは、前記第2のマイクロチャ

ンネルと直交流の関係にあり、これにより、前記第1の積層体の流れ方向に沿う温度勾配が維持されるように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

14. 請求項5乃至13のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記複数の第2のマイクロチャンネル型構成部品の中で流体が蒸発するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

15. 請求項5乃至14のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、(a) 化学的な発熱反応である少なくとも1つの単位操作を行う前記複数の第2の超小型構成部品は、(b) 熱入力が必要とするユニットに取り付けられており、該ユニットは、(c) プラントの残りの部分に取り付けられており、これにより、発電システムを形成するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

16. 請求項1乃至14のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体の第2の部分は、熱を排出し、また、前記第2の積層体は、第2の部分を有しており、該第2の部分は、流体を圧縮すると共に熱を排出し、これにより、理想的なブレイトンサイクル式の機械に近づくように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

17. 請求項7乃至16のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、更に、

(a) 前記複数の第2の超小型構成部品に取り付けられたプラントの残りの部分を備えており、

(b) これにより、電力変換装置を形成するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

18. 請求項1乃至17のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、更に、前記第1の積層体に近接して設けられる電界発生器を備えており、該電界発生器は、その中で前記単数又は複数の化学反応を誘導又は制御するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

ブリ。

19. 請求項1乃至18のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記第1の積層体は、マイクロ細孔質であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

20. 請求項5乃至19のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、更に、前記複数の第1及び第2の超小型構成部品の間に設けられたマイクロ細孔質のシート接触器を備えていて、前記マイクロチャンネルが前記マイクロ細孔質のシート接触器の方を向くように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

21. 請求項1乃至20のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、マイクロ細孔質のシート接触器が、前記第1の積層体とカバーシートの間に設けられていて、前記マイクロチャンネルが、前記マイクロ細孔質のシート接触器の方を向くように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

22. 請求項1乃至21のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、更に、前記流路の表面に設けられたコーティング材料を備えることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

23. 請求項22に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記コーティング材料は、触媒であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

24. 請求項22に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記コーティング材料は、隔膜であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

25. 請求項22に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記コーティング材料は、吸収剤であることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

26. 請求項22に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記コーティング材料は、前記各々の流路の底面に設けられた導電材料であるこ



とを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

27. 請求項22乃至26のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、前記コーティング材料は、更に、前記導電材料の上に設けられた誘電材料を含むことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

28. 請求項26に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、  
(a) 前記複数の第1のマイクロチャンネルは各々、底面及び複数の側面を有しており、  
(b) 前記底面の少なくとも一部には導電材料の層が設けられており、  
(c) 前記導電材料には電源が接続されており、該電源は、電気化学的な単位操作を行わせるための電位を前記導電材料に与えるように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

29. 超小型構成部品化学プロセスアセンブリであって、(a) ミクロ細孔型接触シートと、(b) 2つのカバーとを備えており、前記ミクロ細孔型接触シートは、前記2つのカバーの間に設けられており、前記各々のカバーは、前記ミクロ細孔型接触シートの方を向いた少なくとも1つのマイクロプリナムを有していることを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

30. 請求項29に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、一方のマイクロプリナムは、液体を受け取り、また、他方のマイクロプリナムは、気体を受け取るように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

31. 化学的な吸収を行うために使用されることを特徴とする請求項29に記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

32. 請求項1乃至31のいずれかに記載の超小型構成部品化学プロセスアセンブリにおいて、更に、第2の積層体を備えており、該第2の積層体は、熱伝達流体を受け取って、前記第1の積層体へ又は該第1の積層体から熱を搬送し、これにより、反応温度を制御するように構成されたことを特徴とする超小型構成部品化学プロセスアセンブリ。

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern: 1st Application No  
PCT/US 96/16546

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 B01J19/00 F28D9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 B01J F28D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 94 21372 A (DU PONT DE NEMOURS & CO) 29 September 1994  see page 1, line 5 - page 1, line 13 see page 10, line 15 - page 27, line 29; figures 1-17 ---	1-3, 5-15, 17, 22, 23, 26-28, 32
X	DE 39 26 466 A (MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM GMBH) 14 February 1991  see column 1, line 33 - column 2, line 26; figures 1,2 --- -/--	1-3, 5-8, 10, 12-15, 17, 32

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 March 1997

Date of mailing of the international search report

20.03.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 1  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beltzung, F

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/US 96/16546

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 797 202 A (NEULANDER AT AL) 19 March 1974 see column 2, line 20 - column 7, line 8; figures 1-8	1,19-21, 29
A	<p>---</p> <p>US 5 209 906 A (WATKINS ET AL) 11 May 1993 see column 4, line 51 - column 9, line 65; figures 1-7</p> <p>-----</p>	1-32

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Intern. Application No  
 PCT/US 96/16546

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9421372 A	29-09-94	US 5534328 A AU 6409794 A BR 9405989 A EP 0688242 A JP 8508197 T	09-07-96 11-10-94 26-12-95 27-12-95 03-09-96
DE 3926466 A	14-02-91	NONE	
US 3797202 A	19-03-74	NONE	
US 5209906 A	11-05-93	AU 648893 B AU 1667992 A WO 9220617 A DE 69203720 D DE 69203720 T EP 0584107 A JP 6507145 T	05-05-94 30-12-92 26-11-92 31-08-95 29-02-96 02-03-94 11-08-94

## フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), AU, BR, CA, JP, KR, MX, NZ

(72)発明者 コール, チャールズ・ジェイ  
アメリカ合衆国ワシントン州99352, パスコ, メドレー・ビュー・コート 3807

(72)発明者 マクドナルド, キャロライン・エバンス  
アメリカ合衆国ワシントン州99352, リッチランド, エッジウッド・ドライブ 123

(72)発明者 カラス, ディーン・イー  
アメリカ合衆国ワシントン州99320, ベントン・シティ, ルート 2, ボックス 2543

(72)発明者 フリードリッチ, ミシェル  
アメリカ合衆国ワシントン州99350, プロッサー, ノース・クロウ・ロード 31802

(72)発明者 バーミンガム, ジョゼフ・ジー  
アメリカ合衆国ワシントン州99352, リッチランド, ジョージ・ワシントン・ウェイ 2500

